Schleusen und mechanische Schiffshebewerke.

Nach einem Vortrag

in dem

Centralverein zur Hebung der deutschen Fluſs- und Kanalschiffahrt

von

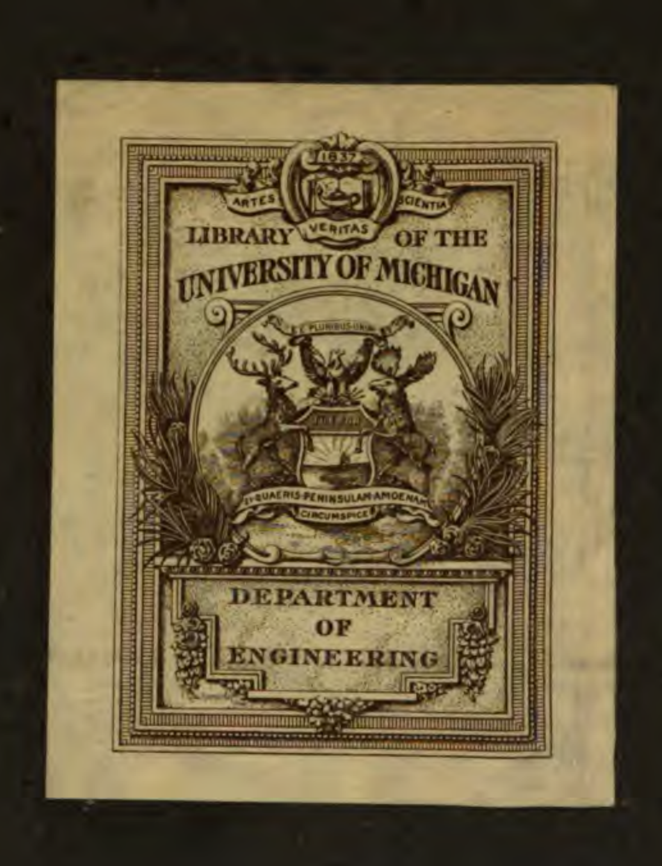
Petri,
Königlicher Regierungs-Baumeister in Magdeburg.

Mit 4 Text-Abbildungen und 1 Tafel.

Sonder-Abdruck aus „GLASER'S ANNALEN für Gewerbe und Bauwesen" Bd. XXIII.
Heft 2 vom 15. Juli u. Heft 3 vom 1. August 1888 (No. 266 u. 267).

Berlin 1888.




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

Sonder-Abdruck aus „GLASER'S ANNALEN für Gewerbe und Bauwesen" vom 15. Juli u. 1. August 1888. Bd. XXIII, No. 266 u. 267.
Berlin SW., Lindenstrafse 80.
(Nachdruck nur unter Quellenangabe gestattet.)

Die letzten Jahrzehnte haben eine eingehende Erörterung des volkswirthschaftlichen Theiles der Kanalfrage und insbesondere eine Festsetzung des Wirkungskreises der Kanäle den Eisenbahnen gegenüber gebracht. Die Ansicht scheint durchgedrungen zu sein, dafs die Kanäle soviel wie möglich die Beförderung der Rohstoffe, die Eisenbahnen dagegen die Versendung der fertigen Erzeugnisse zu vermitteln haben. Unter dem Eindrucke dieser Erkenntnifs sind zahlreiche Entwürfe für den Ausbau eines deutschen Kanalnetzes entstanden, dessen Hauptlinien Deutschland von Süden nach Norden und Osten nach Westen durchziehen und die wichtigsten Mittelpunkte der Erzeugungsstätten und des Absatzgebietes von Massengütern verbinden.

Es erscheint befremdend, dafs dessen ungeachtet nur wenige Theile dieses grofsen Netzes in Angriff genommen oder für die Ausführung gesichert sind. Dieses dürfte zum Theil darin begründet sein, dafs die technische Seite der Kanalfrage mit der volkswirthschaftlichen nicht gleichen Schritt gehalten hat, und manche für die Baukosten und besonders für die Betriebskosten, sowie die Leistungsfähigkeit der Kanäle hochwichtige Fragen noch nicht endgültig entschieden sind.

Eine der wichtigsten derselben scheint die Ueberwindung des Höhenunterschiedes zweier Kanalhaltungen und, wie weiter unten gezeigt werden soll, damit im engsten Zusammenhang stehend, die Einrichtung des Betriebes auf den längeren oder kürzeren Kanalhaltungen zu sein.

Es möge daher in folgendem ein Beitrag zur Lösung dieser Frage und zu diesem Zwecke eine Besprechung der verschiedenen Mittel zur Hebung und Senkung von Kanalschiffen versucht werden.

I. Die einfache Kammerschleuse.

Die Kammerschleuse, deren Erfindung vor etwa dreihundert Jahren einen neuen Zeitabschnitt in der Entwickelung der Binnenschiffahrt einleitete, ist seitdem bis zu den meisten neueren Ausführungen das hauptsächliche Konstruktionselement geblieben. Der Grund für diese auffällige Thatsache ist nach der Ansicht der Kommission des Internationalen Binnenschiffahrtskongresses in Brüssel darin zu suchen, dafs «die Einfachheit der Konstruktion, die grofse Erfahrung, welche man mit der Zeit gesammelt, ihre leichte Unterhaltung und Bedienung auch mit ungeschultem Personal, endlich die Möglichkeit, sie auch bei veralteten Konstruktionen leicht zu benutzen, zu Gunsten der Kammerschleuse sprechen und deren unbestreitbare Vortheile beweisen.»

Demgegenüber sind die folgenden zum Theil recht schwerwiegenden Nachtheile mit der Benutzung der Kammerschleusen, deren Gefälle nicht vortheilhaft über 4 bis 5 m zu steigern ist, besonders bei der Ueberwindung gröfserer Gefälle verbunden.

1. Die Baukosten der Kammerschleusen sind sehr erheblich.

2. Die Verzögerung der Fahrt durch die Schleusung ist eine beträchtliche. Dieselbe setzt sich aus der Zeit für das reine Durchschleusen und aus der Wartezeit zusammen, welche besonders bei Kanälen mit lebhaftem Verkehr erheblich wird. Um an einem Beispiel den Einflufs der Verzögerung zu zeigen, möge für den Rhein-Ems-Kanal die Zeit für das Durchfahren einer Schleuse auf 20 Minuten angenommen werden. Dieses scheint bei den grofsen Abmessungen der Schleusen von $68 \times 8{,}6 \times 2{,}5$ m und bei dem zu erwartenden grofsen Verkehr nicht zu hoch gegriffen.

Bei 33 Schleusen zwischen Ruhrort und Papenburg ergiebt sich ein Zeitaufwand

für Schleusungen von 11 Stunden.

Für Dampfbetrieb ist auf dem freien Kanal nach Michaelis eine Geschwindigkeit von 7,5 km in der Stunde anzunehmen. Für eine Weglänge von Ruhrort bis Papenburg von 250 km beträgt demnach zwischen beiden Orten

die reine Fahrzeit 33 Stunden,

sodafs etwa 33 pCt. der reinen Fahrzeit auf den Aufenthalt durch die Schleusen entfallen.

3. Von einschneidender Wirkung auf die Art des Schleppdienstes auf den Haltungen des obengenannten Rhein-Ems-Kanals wird die geringe Entfernung der Schleusen werden, welche durch die beschränkte Gefällhöhe bedingt wird. Wenn nämlich von der 67 km langen Scheitelstrecke Henrichenburg-Münster und den zwei angrenzenden Schleusen abgesehen wird, so beträgt bei einer Kanallänge von $250 - 67 = 183$ km und bei $33 - 2 = 31$ Schleusen die mittlere Länge der Haltungen

$$\frac{183}{31} = \text{rund } 6 \text{ km},$$

welche von Dampfschleppzügen in etwa 50 Minuten durchfahren werden. Man wird hierbei vor die Möglichkeit gestellt werden, den Schleppzug durch denselben Dampfer über eine gröfsere Wegstrecke befördern, also den Dampfer durchschleusen zu lassen oder in jeder Haltung einen besonderen Vorspanndienst einzurichten. In beiden Fällen wird die geringe Länge der Haltungen einem gut eingerichteten Schleppdienst hinderlich sein.

4. Der grofse Wasserverbrauch der Kammerschleusen endlich macht die Beschaffung des nöthigen Speisewassers für einzelne Kanalhaltungen zur schwierigsten Aufgabe und manche Kanallinien erscheinen nur darum unausführbar, weil die Speisung der oberen Haltungen behindert ist. Aber auch in dem Falle, wenn die Speisung der Scheitelstrecke durch natürliche Wasserläufe stets möglich ist, erscheint es in einem Kulturlande volkswirthschaftlich nicht gerechtfertigt, so erhebliche Wassermengen der Industrie zu entziehen und ohne Ausnutzung der ihnen inne wohnenden mechanischen Arbeit durch die Schleusen fliefsen zu lassen.

Die bergwärts gehenden Schiffe machen allerdings einen Theil dieser Arbeit zu ihrer Hebung nutzbar, wo hingegen die thalwärts gehenden die ihnen und der Schleusenfüllung inne wohnende Arbeit vergeuden.

Um welche grofse Beträge es sich handelt, möge an dem Rhein-Ems-Kanal gezeigt werden. Unter Berücksichtigung der Schleusenbemessungen und der Schleusengefälle und unter der Annahme, dafs die Schiffe sich ebenso oft folgen, wie sie sich begegnen, sodafs für drei Schleusungen zwei Schleusenfüllungen nothwendig werden mögen, ergiebt sich der für eine Schleusung nothwendige Wasserverbrauch

a) für die Schleusentreppe Ruhrort-Scheitel 1200 cbm
b) » » » Scheitel-Papenburg 1000 »

Der oben angenommenen Zeit von 20 Minuten für eine Schleusung entspricht bei 13stündigem Betrieb eine tägliche Leistung von 40 Schleusungen. Für dieselben und die oben berechneten Wassermengen ergiebt sich eine während eines 10stündigen Arbeitstages zu entnehmende Leistung in Pferdestärken für die

a) Schleusentreppe Ruhrort-Scheitel, welche etwa 33 m Gefälle besitzt, von

$$N_a = \frac{1200 \cdot 40 \cdot 33 \cdot 1000}{75 \cdot 10 \cdot 3600} = 587$$

b) Scheitel-Papenburg, welche etwa 56 m Gefälle aufweist, von

$$N_b = \frac{1000 \cdot 40 \cdot 56 \cdot 1000}{75 \cdot 10 \cdot 3600} = 830$$

Summa 1417.

Wenn nun die Nichtausnutzung einer so grofsen Betriebskraft von rund 1400 Pferdestärken auch dann schon als nicht wirthschaftlich bezeichnet werden mufs, wenn die Speisung der Scheitelstrecke durch natürliche Wasserläufe erfolgt, so stellt sich die Lage noch ungünstiger, sobald eine künstliche Wasserzuführung nothwendig wird.

So ist z. B. für den Rhein-Ems-Kanal für die trockene Jahreszeit dort, wo der Kanal die Lippe kreuzt, ein Pumpwerk von 500 Pferdestärken vorgesehen, welches sekundlich 2,8 cbm um 18 m hebt.

Für den Entwurf des Elbe-Trave-Kanals*) hat sich die

*) Dr. Frank, Der Elbe-Trave-Kanal. Lübeck 1886.

Anlage eines 6 km langen Kanals zur Zuleitung des Wassers des Schallsee als nothwendig erwiesen. Die hierdurch und durch den Erwerb der Wassergerechtsame entstehenden Kosten werden sich auf mehr als 1/2 Million ℳ belaufen.

Für den Oder-Spree-Kanal endlich ist bei Neuhaus ein Pumpwerk in Aussicht genommen.

II. Die Kammerschleuse mit Einrichtungen zur Wasserersparniſs.

Es hat nicht an Vorschlägen gefehlt, den Wirkungsgrad der Kammerschleuse günstiger zu gestalten. Versuche, die bewegende Kraft des Wassers beim Flieſsen aus dem Oberin das Unterwasser durch Einschaltung eines Motors mit Pumpwerk nutzbar zu machen sind an der wechselnden Druckhöhe des Aufschlagswassers und dem damit verbundenen geringen Nutzeffekt der Anlage gescheitert.

Sodann versuchte man, die Wasserfüllung der Kammer nicht in das Unterwasser, sondern in Seitenbecken zu leiten. Um möglichst wenig Gefällsverlust zu erleiden, theilte man dabei die Wassermenge der Kammer in viele dünne Schichten, welche man mit möglichst wenig Fallverlust seitlich ablagerte und bei der Wiederfüllung der Kammer in dieselbe zurückleitete. Statt der festen Seitenkammern wendet man auch Kammern mit beweglichen Schwimmern an.

Durch derartige Einrichtungen sind erhebliche Wasserersparnisse erzielt worden. Wenn trotzdem von denselben wenig Gebrauch gemacht ist, so liegt das abgesehen von den gröſseren Baukosten und den durch verwickelte Einzelheiten bedingten höheren Unterhaltungskosten daran, daſs der Zeitverlust durch das langsame Füllen und Leeren die Leistungsfähigkeit des Kanals sehr vermindert.

Günstiger stellen sich seitlich gekuppelte Schleusen, jedoch stehen deren häufiger Anwendung die hohen Baukosten entgegen.

III. Geneigte Ebenen.

Wie schon oben angedeutet wurde, ist der Längsschnitt eines idealen Kanals so zu denken, daſs durch Vereinigung des Gefälles auf möglichst wenig Punkte lange Haltungen entstehen, welche einen fahrplanmäſsigen Dampfschleppdienst begünstigen.

Für die Ueberwindung derartiger vereinigter Gefälle ist die Kammerschleuse unzureichend, da ihre gröſste Gefällshöhe durch technische Schwierigkeiten und hauptsächlich durch Rücksichten auf den Wasserverbrauch auf 4 bis 5 m begrenzt ist. Man wählte daher in diesem Falle schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts mechanische Anlagen und zwar in erster Linie geneigte Ebenen, auf denen das Schiff durch einen auf Rädern ruhenden Schiffswagen unterstützt, bewegt wird. Für dieselben sind nicht allein geschickt durchgebildete Entwürfe, sondern auch bewährte Ausführungen, allerdings keine aus der neuesten Zeit und nur solche für kleinere Kanalfahrzeuge, zu nennen.

Da für gröſsere Schiffe zwei Unterstützungen des Schiffswagens nicht ausreichen, so wird die Konstruktion des Schiffswagens sehr erschwert, wenn man nicht gleiche Neigung der Ebene voraussetzt und von dem Uebergange über eine Scheitelstrecke absieht, welche zur Sicherung der oberen Kanalhaltung wohl angenommen wird.

Für deutsche Kanäle ist die Bedingung zu stellen, daſs das Schiff im Wasser schwimmend befördert wird, und daher auf dem Schiffswagen eine bewegliche Schleuse zu stellen ist. Das Schiff aus dem Wasser herauszuheben und nur in einzelnen Punkten zu unterstützen, ist für die ebenfalls für den Kanalverkehr bestimmten Fluſsschiffe nicht möglich, da dieselben zur Erzielung eines geringen Tiefganges möglichst leicht und ohne kräftigen Querverband gebaut werden.

Wenn man von derartigen Einzelheiten absieht, so können die geneigten Ebenen in zwei verschiedene Arten zerlegt werden.

1. Durch starke geneigte Rampen (1:10 bis 1:20) wird die Länge der Ebene so klein, daſs eine Verbindung der thalwärts und bergwärts gehenden Lasten zur Ausgleichung der Gewichte statthaft ist. Die Verbindung der beiden Schiffswagen geschieht durch ein Seil, welches am höchsten Punkte der Ebene über eine Rolle geführt ist. Ob die Bewegung durch gröſsere Wasserfüllung der thalwärts gehenden Schleusenkammer oder durch Bewegung der Seilrolle oder sonstwie eingeleitet wird, ist unwesentlich.

Der kennzeichnende Vorzug dieser Art ist die Ausgleichung der bewegten Massen, so daſs bei gleicher Gröſse des zu Thal und zu Berg gehenden Verkehrs nur Reibungswiderstände zu überwinden sind.

Sehr bedenklich jedoch erscheint die Uebertragung so groſser Kräfte durch ein Zugkraftorgan (Seil, Kette) auf eine erhebliche Länge. Wenn schon bei dem diese Art in Deutschland vertretenden Oberländischen Kanal, welcher Schiffe von 50 t befördert, durch die dort vorhandenen vorzüglichen Bremsen bei dem nicht ganz zu vermeidenden Reiſsen eines Seiles ein Betriebsunfall bisher vermieden wurde, so dürfte doch die Betriebssicherheit einer derartigen Konstruktion für Schiffe von 500 bis 700 t Tragfähigkeit nicht erwiesen sein.

Die Einschaltung eines der Abnutzung unterworfenen Zugkraftorganes als Hauptkonstruktionstheil wird die von dem Kanalbetriebe erwartete Stetigkeit und Sicherheit nicht erzielen.

2. Vermuthlich unter der Erkenntniſs dieses Umstandes wurde die zweite Art von geneigten Ebenen vorgeschlagen, welche durch den Meyer'schen Entwurf besonders bekannt geworden ist. Legt man nämlich die geneigte Ebene unter Anpassung an den Fall des Geländes mit einer flacheren Neigung 1:200 bis 1:500 an, so kann der durch eine angemessene Zahl von Achsen unterstützte Schleusenwagen mit Hülfe einer schweren Lokomotive wie ein Güterzug über die Ebene geführt werden. Technisch dürfte es wohl möglich sein, die geneigte Ebene und die Betriebsmittel so herzustellen und dauernd zu unterhalten, daſs ein gefahrloser und stetiger Betrieb zu erwarten ist. Wirthschaftlich scheint es jedoch nicht zu rechtfertigen, die Beförderung so groſser Massen, welche sich bei Hauptkanälen auf mindestens 2 Million Tonnen jährlich belaufen, so vorzunehmen, daſs die Arbeit der zu Thal gehenden Lasten durch Bremsen vernichtet und die bergwärts gehenden mit groſsen Kosten gehoben werden. Daſs dieser Mangel bei den Betriebskosten sich sehr bemerkbar machen wird, möge folgende Rechnung beweisen.

Unter Zugrundelegung der für preuſsische Kanalentwürfe vorgesehenen gröſsten lichten Abmessungen der Schleusen von 73 m Länge, 9 m Breite und 2,5 m Wassertiefe berechnet sich für die Beförderung eines beladenen Fahrzeuges von etwa 600 t Tragfähigkeit und unter der Annahme, daſs der Wasserspiegel der Schleusenkammer entsprechend dem Tiefgang des Fahrzeugs gesenkt wird, die Wasserfüllung der Schleusenkammer auf etwa 1200 t;

es sei das Eigengewicht der Lokomotive . . . . 80 »

» » » » des Schleusenwagens $\frac{1200}{3} = 400$ »

Gesammtgewicht des Schleppzuges 1680 t

rund 1700 »

Während Meyer bei seinem Entwurf eine Neigung der Ebene von 1:200 und der Ingenieur Jaquier für die geneigte Ebene von Roanne nach Forez sogar eine mittlere Neigung von 1:100 annimmt, möge hier dieselbe auf 1:300 ermäſsigt und eine Geschwindigkeit von nur 15 km in der Stunde angenommen werden. Die Zugkraft der Lokomotive ergiebt sich dann nach der Grove'schen Formel für günstiges Wetter

$$Z = (2{,}25 + \frac{v^2}{80} + 1000\, i)\, Q$$

worin $\begin{cases} Q = 1700 \text{ t} \\ v = 4{,}17 \text{ m in 1 Sekunde} \\ i = \frac{1}{300} \end{cases}$

$$Z = \left(2{,}25 + \frac{4{,}17^2}{80} + \frac{1000}{300}\right) 1700 = 9860 \text{ rund } 10000 \text{ kg.}$$

Die bei der sekundlichen Geschwindigkeit von 4,17 m von der Lokomotive zu leistenden Pferdestärken sind dann

$$N = \frac{10\,000 \cdot 4{,}17}{75} = \mathbf{556}.$$

Wählt man die Neigung der Ebene noch flacher, so wird die Länge des Eisenbahngleises erheblich gesteigert.

Schlieſslich ist die geringe Leistungsfähigkeit noch als ein Mangel der Anlage zu bezeichnen. Aus der Annahme gröſserer Geschwindigkeiten erwachsen groſse Bedenken durch die Schwankungen des Schleuseninhalts, abgesehen von den riesigen Abmessungen, welche die Lokomotive erhalten würde.

Die Länge der Ebene berechnet sich für einen Hub von 20 m bei einer Neigung von 1:300 auf 6 km, welche Strecke der Schleusenwagen in 24 Minuten und unter Berücksichtigung der Verlangsamung beim Anfahren und Halten in etwa 30 Minuten durchfahren wird. Unter

der Annahme, dafs zwei Schleusenwagen mit Lokomotive und eine Ausweichstelle vorgesehen werden, sowie dafs $12\frac{1}{2}$ Minuten für das Ein- und Ausfahren der Schiffe nothwendig sind, ergiebt sich als gröfste Leistung, die Zahl der Schleusungen in jeder Richtung, welche während eines 13stündigen Tagesbetriebes vorgenommen werden können, auf

$$\frac{13 \cdot 60}{30 + 12\frac{1}{2}} = \text{rund } \mathbf{18}.$$

Das Ergebnifs dieses Abschnittes kann daher dahin zusammengefafst werden, dafs geneigte Ebenen allerdings eine grofse Wasserersparnifs herbeiführen, dagegen in der ersten Art ausgeführt nicht die nöthige Sicherheit des Betriebes gewähren, und in der anderen Art für grofse Ausführungen den Ansprüchen auf Billigkeit und Schnelligkeit der Beförderung nicht genügen.

IV. Die Greve'sche Schleuse.

Die auf Seite 198 des *Centralbl. d. Bauverw.* 1886 beschriebene Greve'sche Schleuse besteht aus zwei nebeneinander liegenden unter 1 : 20 geneigten Kanälen, in denen auf Rädern laufende und an den Kanalwänden abgedichtete Stauwagen sich bewegen. In dem durch den wehrartigen Stauwagen aufgestauten Wasser kann ein Schiff schwimmend aus der einen in die andere Kanalhaltung bewegt werden. Zur Ausgleichung der Massen sind beide Stauwagen durch eine am höchsten Punkte über eine Rolle geführte Kette verbunden. Die bewegende Kraft wird durch gröfsere Wasserfüllung hinter dem thalwärts gehenden Stauwagen erzielt und durch Bremsen geregelt. Den wesentlichen Vorzug dieses Systems findet Greve darin, dafs das Wasser und das darin schwimmende Fahrzeug gerade so wie bei den Schleusentreppen zwischen festen Wänden sich bewegt, während bei geneigten Ebenen und senkrechten Hebewerken eine bestimmte Menge des Kanalwassers mit dem Fahrzeuge in einen Behälter eingeschlossen auf und nieder bewegt wird. Greve kommt daher zu dem Schlufs, dafs bei den Schleusen die dem Wasser inne wohnende Fähigkeit sich selbst fortzubewegen ausgenutzt wird, während man bei den erwähnten Hebevorrichtungen das Wasser naturwidrig, nämlich wie einen bewegungslosen Körper behandelt, den man erst durch Hinzufügung eines Radgestelles oder dadurch beweglich macht, dafs man ihn vermittelst eines Kolbens auf Druckwasser schwimmen läfst.

Es ist nicht zu verkennen, dafs Greve's Schleuse technisch ausführbar ist und den Vorzug einer einfachen Bauweise besitzt. Eine Vergleichung mit der unter III. 1 beschriebenen geneigten Ebene wird jedoch die vielleicht überraschende Thatsache ergeben, dafs beide in kinematischem Sinne übereinstimmend sind. Bei beiden bewegen sich auf zwei parallelen Prismenführungen zwei Körper, welche durch ein über eine Rolle geführtes Zugkraftorgan kraftschlüssig verbunden sind. Dafs bei Greve's Schleuse nicht die gesammte Wasserfüllung von einem Wagen getragen wird, sondern sich fliefsend fortbewegt, ist ein unwesentlicher Unterschied und äufsert sich nur dadurch, dafs die Reibungswiderstände vielleicht etwas kleiner werden. Dafür ist jedoch die Herstellung des langen Kanals mit parallelen Wänden und die dauernde Erhaltung der Dichtung des Stauwagens als eine erhebliche Schwierigkeit zu betrachten, so dafs der Vergleich eine Bevorzugung der unter III. 1 besprochenen Bauart ergeben wird.

Im übrigen gilt auch hier das oben über die Unsicherheit der Anwendung eines langen der Abnutzung unterworfenen Zugkraftorgans Gesagte, so dafs die geneigte Schleuse, trotzdem sie als eine interessante Lösung bezeichnet werden mufs, nicht zur Anwendung empfohlen werden kann.

V. Lothrechte Schiffshebewerke in Anderton, Les Fontinettes und La Louvière.

Die vorstehenden Erörterungen scheinen dadurch bestätigt zu werden, dafs keins der bisher besprochenen Hebewerke bei gröfseren Kanalausführungen neuerer Zeit an Stelle von Kammerschleusen angewendet ist. Vielmehr treten lothrechte Hebewerke immer mehr in den Vordergrund, und scheint denselben eine bedeutende Aufgabe in dem Kanalbau der nächsten Jahre zuzufallen.

Von der Bedingung ausgehend, dafs eine Ausgleichung der thalwärts und bergwärts gehenden Lasten eine wirthschaftliche Nothwendigkeit sei, ordnete man zwei Schleusenkammern an, welche man bei der ersten Ausführung am

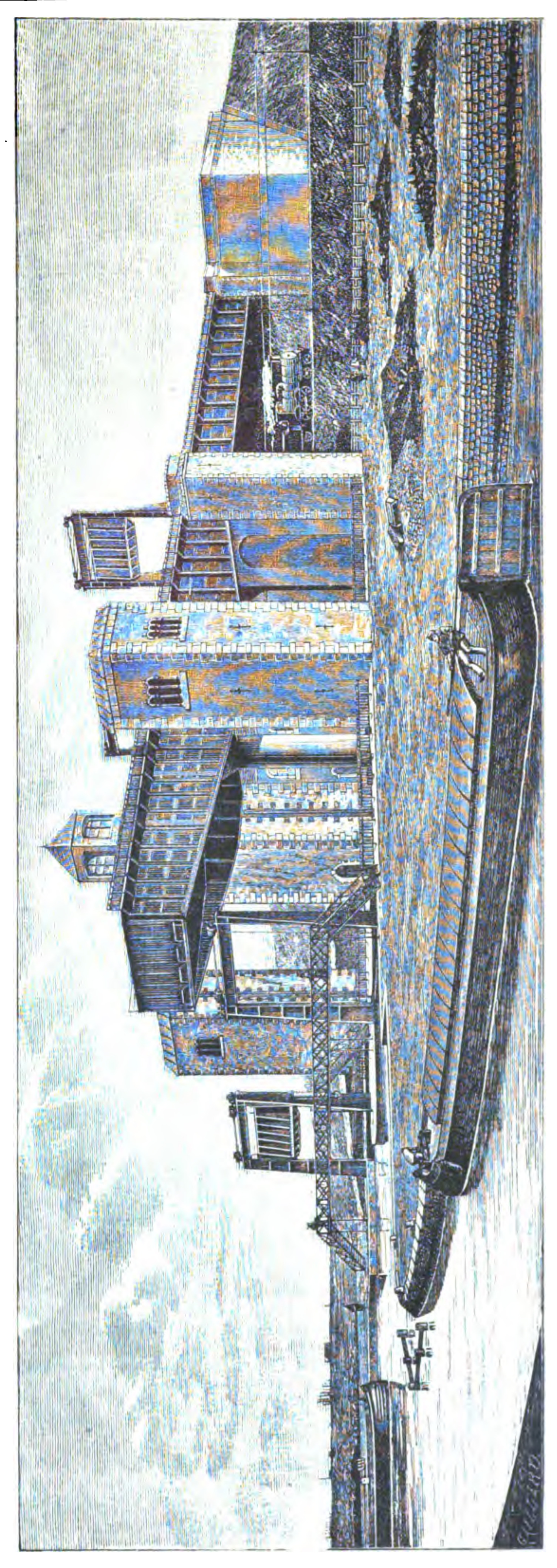


Fig. 1. Hydraulisches Schiffshebewerk in Les Fontinettes an den Neuffossé Canal, nahe St. Omer, Frankreich.

Grand Western-Kanal durch eine über Rollen geführte Kette verband. Die in den Abschnitten III. 1 und IV. gerügten Mängel nöthigten zu der Aufgabe dieser Bauweise und führten zu der Verbindung beider Kammern durch ein der Abnutzung nicht unterworfenes Druckkraftorgan, nämlich der Gewichtsübertragung durch eine Druckwasserleitung. Man stellte jede Kammer auf einen Prefskolben, deren Cylinder durch ein Rohr mit Absperrventil verbunden wurde. Wenn das Verbindungsrohr geöffnet ist, so wirkt die Vorrichtung wie eine grofse hydrostatische Waage. Es wird eine Bewegung der Schleusenkammern eintreten, sobald der einen eine gröfsere Wasserfüllung wie der anderen gegeben wird. Es ist zu beachten, dafs dieses Mehr an Wasserfüllung nur zur Ueberwindung der Stopfbüchsenreibung und zur Beschleunigung der Massen dient, also sehr gering ist.

Folgende Tabelle möge zunächst die grofse Verbreitung lothrechter Hebewerke mit Druckwasser-Ausgleichung zeigen.

Staatsregierung war vielmehr der Gesichtspunkt mafsgebend, dafs es bei dem heutigen Stande der Technik möglich ist, alle Theile so zu berechnen und auszuführen, dafs sie dieselbe Sicherheit gewähren wie jedes andere Bauwerk, sei es eine Eisenbahnbrücke oder eine grofse eiserne Säule. Gerade wie man bei Bauwerken dieser Art, durch deren Zerstörung ebenfalls grofser Schaden verursacht werden würde, darauf verzichten mufs, für den Fall eines Bruches in Kraft tretende Sicherheitsvorrichtungen anzuordnen, so hat man auch bei der Anlage von Hebewerken sein Augenmerk vielmehr auf eine einfache und klar gegliederte Bauweise zu richten, welche eine genaue Berechnung und eine Erhaltung des ursprünglichen Zustandes sämmtlicher Bauglieder gewährleistet.

Nachdem am 19. April d. J. die Betriebseröffnung des auf Seite 3 abgebildeten Hebewerks in Les Fontinettes erfolgt ist, sind mit Hülfe desselben in dem ersten Betriebsmonat im Mittel täglich 40 Schiffe durchgeschleust worden. Die Dauer einer Schleusung beträgt 6 bis 8 Minuten.

	Ort der Aufstellung		
	Anderton	Les Fontinettes	La Louvière
Der Schleusenkammer: Länge	23,4 m	40,5 m	43,0 m
Der Schleusenkammer: Breite	4,6 m	5,2 m	5,6 m
Der Schleusenkammer: Wassertiefe	1,5 m	2,0 m	2,6 m
Der Schleusenkammer: Hub	15,3 m	13,13 m	16,93 bezw. 15,4 m
Gewicht der Schiffe	100 t	300 t	400 t
Gewicht der Last auf dem Kolben	250 t	770 t	1100 t
Kolbendurchmesser	0,914 m	2,0 m	2,0 m
Wasserdruck	38 Atm.	25 Atm.	35 Atm.
Wasserverbrauch für eine Schleusung	15 cbm	20 cbm	27,5 cbm
Zeit zur Durchschleusung	8 Minuten	6 bis 8 Minuten	?
Anlagekosten: Insgesammt	960 000 ℳ	1 440 000 ℳ	?
Anlagekosten: Hiervon für Eisentheile	590 000 ℳ	640 000 ℳ	?
Betriebskosten	200 ℳ für 1 Woche	?	?
Anzahl der vorhandenen bezw. begonnenen Hebewerke	1	1	4

Die Firma Clark & Standfield in London, welche die Erbauerin der genannten Anlagen ist, beschäftigt sich aufserdem zur Zeit mit ähnlichen Entwürfen für einen Kanal von London nach Birmingham. Auch in Frankreich steht eine weitere Anwendung dieser Bauart und zwar für einen Kanal bevor, der die Loire mit der Garonne verbindet. Man will dort zwei Hebewerke mit zusammen 41 m Hub unmittelbar hintereinander stellen. Eine eingehende Beschreibung der genannten Hebewerke scheint hier nicht erforderlich, da dieselben durch zahlreiche Veröffentlichungen bekannt sind.*)

Jedoch scheint es geboten, die Frage zu erörtern, ob die Betriebssicherheit eine vollkommene ist. Die Anlage in Anderton ist seit 1875 in Betrieb und arbeitet tadellos. Es ist überraschend, wie genau der Schwerpunkt der Gesammtlast über der Mitte des Prefskolbens ruht, sodafs nur unerhebliche Drucke auf die Führungen kommen. Dafs dieses wirklich der Fall ist und durch Schwankungen keine erheblichen Seitenschübe ausgeübt werden, ist an dem Aussehen der Führungen zu erkennen, an denen dicke Schichten von Schmiermaterial haften.

Am 18. August 1881 wurde nach 6jährigem Betriebe dadurch eine Störung hervorgerufen, dafs der obere Theil des einen Prefscylinders an der Einmündungsstelle des Verbindungsrohres brach. Die Untersuchung hat ergeben, dafs der Maschinenwärter ohne Wissen des Betriebsleiters unter das Verbindungsrohr zur Stützung desselben eine feste Unterlage gebaut hatte. Da der Cylinder im Laufe der Jahre sich gesetzt hatte und das Verbindungsrohr nicht nachgeben konnte, so brach der Anschlufsstutzen mit einem Theil des Cylindermantels ab. Jedoch war der Schaden nicht so grofs, wie man annehmen könnte, indem die oben befindliche Schleusenkammer sich in beschleunigter aber immer noch mäfsiger Bewegung senkte. Dieses ist dadurch zu erklären, dafs nicht mehr Wasser aus dem Cylinder entweichen kann, als durch den Ringspalt zwischen Kolben und Cylinder ausströmt.

Ein derartiger grober Fehler des Baues und der Unterhaltung der Anlage mufs bei Bauwerken von gleicher Bedeutung in Zukunft ausgeschlossen sein. Bei der Aufstellung der Entwürfe für die belgische und französische

*) vgl. *Centralblatt der Bauverwaltung* 1882.
Bellingrath, Studien, Berlin 1879.
Ernst, Hebezeuge, Berlin 1883.
Engineering, Juli 1885.
Le génie civil, Paris, 13. Dezember 1884.

VI. Lothrechte Schiffshebewerke für deutsche Kanäle.

Diesen Erfolgen des Auslandes gegenüber dürfte es befremden, dafs in Deutschland ähnliche Anlagen bisher nicht begonnen worden sind. Man könnte zu dem Glauben kommen, dafs die Gestaltung des Geländes in Deutschland keine derartige Vereinigung des Gefälles gestattet, um Hebewerke von grofsem Hube anzuwenden. Dafs dieses nicht der Fall ist, möge durch drei Beispiele von begonnenen bezw. der Verwirklichung nahen Kanalentwürfen, nämlich dem Oder-Spree-, dem Elbe-Trave- und dem Elster-Saale-Kanal gezeigt werden, bei denen Hebewerbe von 12 m, 14 bis 16 m und 20,7 m Hub an Stelle von Schleusentreppen des gleichen Gefälles, deren Länge nur wenige Kilometer beträgt, unter den denkbar günstigsten Umständen eingebaut werden könnten.

Bei anderen geplanten Kanalverbindungen wird ohne Zweifel ebenfalls eine Vereinigung der Gefälle nahe der Scheitelstrecke zu erzielen sein, besonders wenn man bei der Wahl der Linie hierauf Rücksicht nimmt und anstatt die Wasserscheiden zu umgehen, dieselben in gerader Linie überschreitet.

Wenn trotzdem eine Anwendung lothrechter Hebewerke bisher ausgeschlossen erschien, so liegt dieses an den grofsen Schleusenbemessungen, welche für deutsche Ausführungen eine mehrfache Unterstützung der Kammer erfordern, da man weder den Durchmesser des Prefskolbens noch den Wasserdruck erheblich vergröfsern kann. Mehrere Kolben werden in Folge der ungleichen Widerstände und Belastungen keine gleichen Wege zurücklegen. Es ist daher eine Vorrichtung erforderlich, welche eine waagerechte Lage der Schleusenkammer sichert. Bellingrath hat für seinen Entwurf eines Hebewerks von 36 m Hub für den Elbe-Spree-Kanal*) eine solche vorgeschlagen, welche die Abweichung der Schleuse aus der Waage durch ein Hebelwerk vergröfsert und den Ausschlag zu der Regelung des Wasserzutritts zu den Prefscylindern benutzt.

Darin, dafs gegen diese Vorrichtung ungeachtet ihrer höchst sinnreichen Einrichtung manche Bedenken laut wurden, eine andere geeignete Lösung jedoch nicht zur Verfügung stand, scheint die Abneigung gegen die Anwendung lothrechter Hebewerke für deutsche Kanäle zu gipfeln.

Die nachfolgend geschilderten Entwürfe für eine Länge von 72 bezw. 73 m, eine Breite von 9 m und eine Wassertiefe der Schleuse von 2,5 m, welche zufolge einer Anregung und unter Mitwirkung des Verfassers dieses von

*) Bellingrath, Studien. Berlin 1879.

den Maschinenfabriken C. Hoppe in Berlin und Gruson-werk in Magdeburg mit allen Einzelheiten ausgearbeitet sind, sollen die Anwendbarkeit und den Nutzen lothrechter Schiffshebung für die gröfsten Kanalschiffe zeigen.

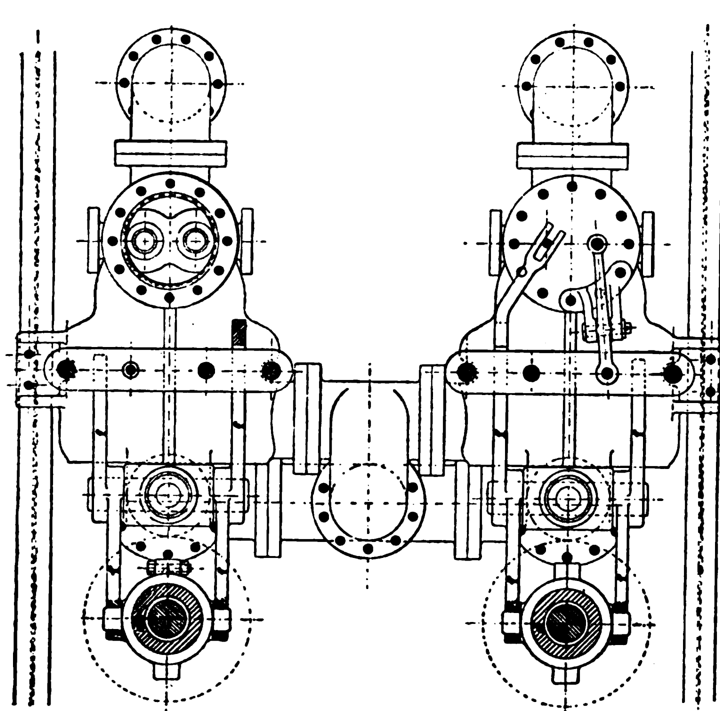


Fig. 2—4. Steuerung für Parallelhebung von C. Hoppe in Berlin. D. R.-P. No. 42 347.

a) Der Entwurf von C. Hoppe, Berlin.

Das auf Tafel I, Fig. 1 bis 3 dargestellte Hebewerk besteht aus zwei beweglichen Schleusenkammern *a*, von denen jede durch zwei Prefsstempel von 2 m Durchmesser bei 35 bis 40 Atm. Wasserdruck unterstützt wird. Die Enden der Kammern sowie der oberen und der unteren Kanalhaltung können durch Schützen mit Kraftwasserantrieb geschlossen werden. Die Dichtung zwischen Kammer und Kanalende erfolgt durch Dichtungsschläuche, in denen durch Verbindung mit dem Behälter *n* innerer Wasserdruck erzielt wird.

Die Absperrung der unteren Kanalhaltung bezweckt die Vermeidung des in Anderton bestehenden Fehlers, dafs die Schleusenkammer in das Unterwasser taucht und der Auftrieb durch Kraftwasser aus einem Kraftsammler überwunden werden mufs.

Der Hub wird so bemessen, dafs der Wasserspiegel der Kammer in der Endstellung oben 150 mm unter und unten 150 mm über dem Wasserstande der anschliefsenden Kanalhaltung sich befindet.

Nach der Oeffnung der Schützen findet ein Ausgleich der Wasserspiegel statt, und können die Fahrzeuge aus- und einfahren. Die um 150 mm höhere Wasserfüllung der oberen Kammer ergiebt nun die Betriebskraft zur Ueberwindung der Stopfbüchsenreibung und zur Erzielung einer Geschwindigkeit von 0,1 m in der Sekunde.

Bei einer Länge von 72 m und einer Breite von 9 m der Kammer beträgt demnach der Wasserverbrauch für eine Schleusung

$$72 \times 9 \times 0{,}15 = \text{rund } 98 \text{ cbm.}$$

Es ist zu beachten, dafs dieser Verbrauch für jede Hubhöhe derselbe ist und für die Beförderung zweier Fahrzeuge, nämlich je eines zu Berg und zu Thal dient.

Die Dauer der Schleusung beträgt für

1) Die Hubbewegung . . $2^1/_2$ Minuten
2) Ein- und Ausfahren . $12^1/_2$ »

Insgesammt 15 Minuten

Der Ueberdruck unter dem herabsinkenden Kolben gegenüber dem hinaufsteigenden beträgt beim Anfange des Hubes 2,8 Atm. Durch den mit dem Hube veränderlichen

Auftrieb der Kolben sinkt der Ueberdruck am Ende des Hubes auf 1 Atm.

Die Grundbedingung für die vollkommene Betriebssicherheit des Hebewerkes ist die, dafs die beiden Kolben unter jeder Kammer ganz unabhängig von der auf jedem ruhenden Last und der Stopfbüchsenreibung völlig gleichmäfsig sich heben und senken und in jeder Stellung gleichzeitig zum Stillstand gebracht werden können.

Diese Bedingung wird durch die Herrn C. Hoppe in Berlin unter No. 42 347 im Deutschen Reich patentirte Steuerung für Parallelhebung mittelst mehrerer Wasserdruck-Pressen auf äufserst einfache und sichere Weise gelöst. Die genannte Firma hat sich seit Jahren mit dieser Aufgabe beschäftigt und schon 1882 diese Bauart zum Heben einer Brücke über den Louisenstädtischen Kanal in Berlin in Vorschlag gebracht. Gegenwärtig ist sie mit dem Heben eines Gasometer-Daches mittelst 32 mit dieser Steuerung versehener Cylinder beschäftigt. Die Steuerung ist auf Tafel I mit *b* bezeichnet und in nebenstehenden Figuren 2—4 in gröfserem Mafsstab dargestellt.

Das gufseiserne Ventilgehäuse und mit ihm der Drehpunkt des zweiarmigen Hebels *f* sind zwischen den beiden Schleusenkammern unbeweglich gelagert. Der eine Arm des Hebels *f* bewegt durch ein Gestänge die Absperrschieber *g*, welche die Verbindung zwischen den vier Prefscylindern herstellen oder schliefsen. Jeder Cylinder mufste zwei Schieber erhalten, da die Kammern abwechselnd sinken und steigen.

Das andere Hebelsende trägt die Mutter *d*, deren Schraubenspindel *c* (siehe auch Tafel I, Fig. 1) mit der beweglichen Schleusenkammer verbunden ist und eine dem Hube des Hebewerks entsprechende Länge besitzt. Bei waagerechter Lage des Hebels *f* sind die Absperrschieber geschlossen, und es findet Stillstand statt. Sobald jedoch durch Drehung der Stirnräder *o* die Mutter auf der augenblicklich feststehenden Schraubenspindel *c* verschoben und der Hebel *f* in eine geneigte Lage gebracht wird, so öffnet einer der Schieber, und die Schleusenkammer und damit die Spindel *c* bewegt sich. Hierdurch wird die Mutter *d* gehoben oder gesenkt und der Hebel *f* wieder waagerecht eingestellt, so dafs die Schieber absperren. In Folge dieser Differenzbewegung kann sich die Schleusenkammer nur genau in gleicher Geschwindigkeit mit der Mutter *d* bewegen. Durch die Wellen *h* und *i* mit Kegelrädern sind die einzelnen Steuervorrichtungen eines jeden der vier Cylinder zwangläufig mit einander verbunden, so dafs alle Muttern *d* und mit ihnen alle Prefskolben sich genau gleichmäfsig bewegen müssen.

Die Welle *i* wird von dem Maschinistenstand *k* aus durch einen Wasserdruck-Motor bewegt. Solbald sie bewegt wird, bewegen sich die Schleusenkammern. Bei ihrem Stillstande stehen dieselben.

Hinter den Schiebern sind Rückschlagventile *l* angeordnet, um ein Steuern in entgegengesetztem Sinne zu verhüten. Von den beiden oben befindlichen Ventilen *m* steht das eine mit der Luft, das andere mit der Hochdruckleitung in Verbindung. Sie dienen als Sicherheit gegen zu hohen Druck und ermöglichen die Veränderung des Inhalts der Prefscylinder durch Zuführung von Druckwasser aus einem Kraftsammler, wenn der Cylinder-Inhalt durch Undichtheiten verringert ist oder eine Hubveränderung durch Schwankungen der Kanalspiegel nothwendig wird. Aufserdem verhindern sie ein Voreilen eines Kolbens bei groben Unregelmäfsigkeiten. Die Grenze, die man den Schiebern setzt, bis sie die Hülfsventile öffnen, bildet das gröfste Mafs, um das die Kammern sich schief stellen lassen und beträgt etwa 50 mm. Die Bewegung der Schieber wird auf ein Zeigerwerk am Maschinistenstande übertragen, so dafs der Führer die Bewegung regeln und Unregelmäfsigkeiten sofort erkennen kann.

Der Längenausdehnung bei Temperaturänderungen wegen sind die Hauptführungen der Schleusenkammer nur an einem Ende, nämlich in dem Portal an der oberen Kanalhaltung angeordnet, während das andere Portal ausschliefslich zur Seitenführung dient.

Ebenso ist auf die Längenausdehnung bei der Auflagerung der Schleusenkammern auf die Prefskolben Rücksicht genommen.

Die Prefscylinder sind ähnlich wie bei dem Hebewerk in La Louvière aus 2 m langen gufseisernen Schüssen mit warm aufgezogenen Stahlringen gebildet. Die Verbindungsrohre der Prefscylinder sind mit Gelenkflantschen versehen und so angeordnet, dafs Längenausdehnungen oder Lageveränderungen der Cylinder keine Undichtheiten oder Rohrbrüche verursachen können.

Der Mittelpfeiler des Hauptportals ist als voller Blechpfeiler gedacht und nimmt gleichzeitig zwei Druckwassersammler auf, welche für den Betrieb der Thor-Winden, der Steuermaschine und der Spills, sowie zur Ergänzung der Wasserfüllung der Prefscylinder nothwendig sind. Das Druckwasser wird durch eine Prefspumpe erzeugt, welche durch eine Dampfmaschine angetrieben wird.

Die Kosten belaufen sich, wie der nachstehende Ueberschlag zeigt, auf ℳ 1 570 000.

Nr.	Gegenstand	Betrag ℳ
1.	Die gesammte Blecharbeit, bestehend aus den Schleusenkammern, Portalen, Laufbrücken usw.	485 000
2.	Acht Schleusenthore mit Rahmen	48 000
3.	Vier Prefscylinder mit Kolben und Aufsatzstücken .	541 000
4.	Schmiedeeiserne Träger als Cylinderunterlage . . .	19 000
5.	Vier Steuervorrichtungen nebst Antrieb und Rohrleitungen zu den Cylindern	97 000
6.	Dampfmaschine mit Prefspumpe und zwei Kraftsammlern und den Rohrleitungen im Maschinenhause .	55 000
7.	8 Stück Wasserdruckwinden zu den Schützen, 2 Stück Wasserdruckwinden (Spills), die gesammte Rohrleitung dazu, Signal-Vorrichtungen, Schleusendichtungen usw.	61 000
	Summe der Eisentheile	1 306 000
	30 000 cbm Erd- und Schachtarbeit zu ℳ 3 . . .	90 000
	5000 cbm Mauerwerk zu ℳ 30	150 000
	Maschinenhaus und Beamtenwohnungen	24 000
		1 570 000

Es bleibt noch zu erwähnen, dafs von einer Ausführung dieses Entwurfs gute Ergebnisse um so mehr zu erwarten sind, nachdem ein in San Francisco angelegtes Dock für Seeschiffe, dessen Tragetafel durch 36 mit der oben erörterten Steuerung versehene Cylinder von 0,75 m Durchmesser gestützt wird, nach einer Mittheilung auf Seite 158 des *Centralblatt der Bauverwaltung* 1888 sich gut bewährt hat.

b) Der Entwurf des Grusonwerk in Magdeburg.

Sowohl das Bestreben, für Kanäle, deren Verkehr die Anbringung zweier Schleusenkammern nebeneinander nicht erfordert, zur Verringerung der Baukosten Hebewerke mit nur einer Schleusenkammer erbauen zu können, als auch das Bestreben, den eigentlichen Apparat zur Hebung und Senkung der Schleusenkammer möglichst einfach zu gestalten, führte zu dem auf Tafel I, Fig. 4—7 dargestellten Entwurfe. Der Grundgedanke der hydrostatischen Wage mufste hierbei verlassen werden und die Ausführung einer Kammer mit Prefskolben, welche durch Prefspumpen-Druckwasser gehoben werden, wäre durch die grofsen Betriebskosten unwirthschaftlich geworden. Ein in dem *Wochenblatt für Baukunde* No. 61 und 63, 1887 angeregter Gedanke wurde daher weiter verfolgt und führte zu der vorliegenden zum Patent angemeldeten Lösung.

Die in 4 Führungen *c* geführte Schleusenkammer *a* wird mittelst 27 Säulen durch 2 Hohlcylinder *b* unterstützt, welche in einer mit Wasser gefüllten Grube schwimmen. Der Auftrieb derselben ist so grofs, dafs er dem Gewicht der beweglichen Theile nebst Wasserfüllung der Schleusenkammer das Gleichgewicht hält. Durch Vermehrung oder Verminderung der Wasserfüllung der Kammer, deren Wasserspiegel am Ende des Hubes zu diesem Zwecke um etwa 75 mm unter bezw. über dem Wasserspiegel der betreffenden Kanalhaltung eingestellt wird, ergiebt sich die bewegende Kraft. Dieses entspricht einem Wasserverbrauch für eine Schleusung von

rund 50 cbm.

Die Bewegung wird durch 4 Wasserdruckcylinder *d* geregelt, deren Kolben mit der Schleusenkammer fest verbunden sind. Die Räume oberhalb und unterhalb der Kolben sind mit Wasser gefüllt und durch eine Rohrleitung verbunden, in welche eine Steuervorrichtung eingeschaltet ist. Mit Hülfe derselben kann man die Oeffnung, durch welche das durch die Bewegung des Kolbens verdrängte Wasser strömen mufs, verändern, so dafs die Bewegung der Kolben und damit der Schleusenkammer geregelt oder auch ganz unterbrochen werden kann.

Während der Bewegung wird die waagerechte Lage der Schleusenkammer aufser durch die Wasserdruck-Steuer-

vorrichtung durch zwei straff gespannte Drahtseile erzielt, welche über je vier Rollen *e*, die zu beiden Seiten der Schleusenkammer an den Pfeilern angebracht sind, laufen. Die Kammer ist in den in einer Höhe liegenden Punkten *ff* an den senkrechten Seilsträngen befestigt. Sobald daher ein Ende der Kammer voreilen will, wird das andere durch das Seil nachgezogen. Es ist hervorzuheben, dafs dieses Seil in keiner Weise zum Tragen der Kammer dient, sondern nur als ein Theil der Führung zu betrachten ist. Die Steuervorrichtung wird durch einen Mann bedient, der seinen Stand bei *g* hat. Hier liegen die Steuerventile, welche in das die oberen und die unteren Räume der Cylinder *d* verbindende Rohrnetz eingeschaltet sind. Durch Rückschlag- und Sicherheitsventile ist Betriebsstörungen vorgebeugt. Zur Ausgleichung der durch die Dicke der Kolbenstange bedingten ungleichen Räume oberhalb und unterhalb des Kolbens dient ein bei *g* aufgestellter Wasserbehälter.

Die Cylinder und Kolbenstangen sind so bemessen, dafs sie bei regelmäfsigem Betriebe ganz mäfsig beansprucht werden. Sie dienen aufserdem unter Benutzung von Hochdruckwasser als kräftige Hebevorrichtung bei Reparaturen, Unfällen oder Unregelmäfsigkeiten.

Die Schleusenkammer und die Kanalenden sind durch Schützen abzuschliefsen, welche durch Wasserdruck bewegt werden. Der Anschlufs der Schleusenkammer an die Kanalenden erfolgt in einer schrägen Fläche. Um den Anschlufs in verschiedenen Höhen zu ermöglichen, ist ein beweglicher Keil zwischen die Enden der Schleusenkammer und des Kanals eingeschaltet. Die Hubgeschwindigkeit beträgt wie bei dem Entwurf von C. Hoppe 0,1 m in der Sekunde, so dafs bei 16 m Hubhöhe die Dauer des Hubes 2½ und die der Schleusung etwa 15 Minuten beträgt.

Durch die grofse Länge der Schwimmer *b* wird die Schleusenkammer gleichmäfsig unterstützt und leicht an Gewicht. Jedoch erhält dadurch die Grube eine grofse Ausdehnung, so dafs sie bei gleichzeitiger grofser Tiefe einen wesentlichen Theil der Bauausführung bilden wird. Die vortheilhafteste Art, in welcher sie anzulegen ist, wird im gegebenen Falle von der Bodenbeschaffenheit abhängig sein, und soll die Zeichnung hierfür nur ein allgemeines Bild geben. Der Wasserstand in der Grube mufs niedriger als der untere Kanalspiegel sein, damit die Schleusenkammer nicht durch das Eintauchen in das Unterwasser den Auftrieb zu stark vergröfsert. Die Grube mufs daher soweit wasserdicht sein, dafs dieser Spiegelunterschied zu erhalten ist.

Zum Bewegen der Fahrzeuge dienen Wasserdruck-Spills, welche nebst den übrigen Wasserdruck-Vorrichtungen das Kraftwasser von einer Dampfmaschinenanlage nebst Prefspumpe und Kraftsammler erhalten.

Die Kosten des einfachen Hebewerks belaufen sich nach folgender Zusammenstellung auf 1 165 000 ℳ.

No.	Gegenstand	Betrag ℳ
1.	Schleusenkammern nebst Schwimmern und Pfeilern, Seilführung und Steuercylinder nebst Zubehör, Schützen mit Hebevorrichtung	645 000
2.	Verbund-Lokomobile mit Kondensation von 30 bis 39 Pferdestärken, eine Prefspumpe mit 2 Kraftsammlern, 4 Spills und Verschiedenes	55 000
3.	Herstellung der Grube, Erd- und Maurerarbeiten . .	465 000
		1 165 000
	Hiervon für Eisentheile	700 000

Bei Anlage von zwei **gleich grofsen** nebeneinander liegenden Schleusenkammern verdoppeln sich die unter 1 angegebenen Kosten, die unter 2 angegebenen vermehren sich nicht wesentlich, während die Herstellung der Grube nur ⅓ mehr kostet und belaufen sich die Gesammtkosten nach folgender Zusammenstellung auf 1 980 000 ℳ.

No.	Gegenstand	Betrag ℳ
1.	2 Schleusenkammern nebst Schwimmer und Zubehör	1 290 000
2.	Lokomobile nebst Zubehör	70 000
3.	Herstellung der Grube, Erd- und Maurerarbeiten . .	620 000
		1 980 000
	Hiervon für Eisentheile	1 360 000

VII. Schlußergebnisse.

Die vorliegenden beiden Entwürfe, welche durch deutsche Firmen vertreten werden, deren Namen ein Gelingen des Werkes verbürgen, dürften die Anwendbarkeit senkrechter Schiffshebewerke für die grofsen Abmessungen deutscher Wasserstrafsen beweisen.

Welcher der beiden Entwürfe, ob der Hoppe'sche oder der Gruson'sche den Vorzug verdient, wird für den gegebenen Fall ein eingehendes Studium erfordern.

Wenn die geplante Wasserstrafse einen sehr erheblichen Verkehr erwarten läfst, so wird man sich zu der Anlage von 2 Schleusenkammern nebeneinander und dann vielleicht für die Annahme des Hoppe'schen Entwurfs entscheiden, da die Baukosten desselben mit 1 570 000 ℳ sich niedriger stellen als die Kosten zweier Hebewerke nach dem Entwurf des Grusonwerk. Hierbei wird jedoch zu berücksichtigen sein, dafs zwei Anlagen der letzteren Art nebeneinander durch die Vereinfachung der Kosten für die Grube und die Führungsgerüste, wie bereits angegeben, nicht die Kosten wie zwei getrennte Anlagen beanspruchen und den Vorzug besitzen, dafs sie von einander unabhängig sind, so dafs bei Reparaturen ein Hebewerk ausgeschaltet werden kann. Bei dem Entwurf des Grusonwerk können ferner die Kosten für zwei nebeneinander liegende Schleusenkammern dadurch herabgemindert werden, dafs die Schleusenkammern nicht in gleicher Gröfse ausgeführt werden. Es ist nur nöthig, die **eine** Kammer für die gröfsten ausnahmsweise vorkommenden Fahrzeuge zu benutzen, während die andere Kammer den normalen gröfsten Fahrzeugen angepafst ist. Endlich kann es auch für die Kanalanlage praktische Bedeutung haben, dafs zuerst eine Schleusenkammer und nachfolgend die zweite angelegt werden kann.

Demgegenüber wird man bei schwierigen Verhältnissen des Untergrundes vielleicht die Herstellung der grofsen Baugrube vermeiden und sich dem Hoppe'schen Entwurf zuwenden, welcher weit geringere und leichtere Erdarbeiten erfordert.

Ein Vorzug des Entwurfs des Grusonwerk scheint die Trennung des Hebe- und Senkapparats von der die Bewegung regelnden Vorrichtung zu sein. Während nämlich die Schleusenkammer nebst Schwimmern, welche beide nur aus groben Theilen bestehen, für sich allein manövrirfähig sind, dienen die 4 Prefscylinder, welche nothwendiger Weise feinere Einzeltheile enthalten müssen, nur zum Regeln der Bewegung. Es können daher die feineren Theile bei dem Entwurf des Grusonwerk in kleineren, im Maschinenbau üblichen Abmessungen hergestellt werden. Jedoch ist zu berücksichtigen, dafs auch bei dem Entwurf des Grusonwerk auf eine starke Beanspruchung der vier Prefscylinder und der Steuervorrichtung gerechnet werden mufs und in dem vorliegenden Entwurfe auf dieselbe auch gerechnet worden ist, da im Falle einer plötzlichen Leerung der Schleusenkammer der Auftrieb der Schwimmer als mächtige Kraft auftreten würde.

Die Vorzüge, welche beide Entwürfe vor Schleusentreppen auszeichnen, sind die folgenden:

1. Die **Baukosten** werden gering, und zwar wurde in La Louvière eine Ersparnifs von 25 pCt. im Vergleich zu einer Treppe von einschiffigen Schleusen zu 3 m Gefälle ermittelt. Um einen Vergleich zu ermöglichen, möge angenommen werden, dafs 4 Schleusen von 73 m Länge, 9 m Breite, 2,5 m Wassertiefe und 3,5 m Gefälle durch ein Hebewerk von 16 m (statt 14 m) ersetzt werden sollen. Die Kosten einer Schleuse werden sich auf etwa 400 000 ℳ belaufen, so dafs sich folgende Zusammenstellung ergiebt:

4 Schleusen kosten	1 600 000 ℳ
1 Hebewerk, Entwurf Hoppe kostet	1 570 000 »
1 Hebewerk, Entwurf Gruson kostet	1 165 000 »

Der Vergleich fällt demnach sehr zu Gunsten der Hebewerke aus, besonders wenn man die Ausführung des Hoppe'schen Entwurfs als Doppelschleuse berücksichtigt. Hierzu kommt, dafs das Hebewerk einen um 2 m gröfseren Hub hat, als das Gefälle der Schleusentreppe beträgt. Hierdurch ist es möglich, die obere Kanalhaltung, welche als Scheitelhaltung angenommen werden möge, um 2 m höher zu legen. Da dieselbe wohl stets im Einschnitt liegt, so wird die Folge eine sehr beträchtliche Ersparnifs an Erdarbeiten sein. Das Ergebnifs wird, besonders wenn die aus dem Einschnitt genommene Erde zur Dammschüttung geeignet ist, die Herstellung der freien Strecke eines

Kanals mit vereinigten Gefällen ohne gröfsere Kosten als bisher sein.

2. Die Betriebskosten werden sich nicht eher genau ermitteln lassen, als zuverlässige Erfahrungen an gröfseren Hebewerken angestellt sind. Dafs dieselben gering ausfallen, ist schon jetzt an den Ergebnissen in Anderton zu ermitteln, wo die Jahreskosten sich auf 20 000 ℳ belaufen.

3. Die Schnelligkeit des Betriebes ist aus folgenden Zahlen zu ersehen.

Die Fahrtverzögerung für 4 Schleusen zu 20 Min. ist 80 Min.
Die Fahrtverzögerung für 1 Hebewerk . . . . 15 »
Ersparnifs . . . . 65 Min.

4. Die langen Haltungen, welche durch Vereinigung der Gefälle entstehen, werden einen gut eingerichteten Schleppdienst begünstigen. Man wird gut thun, die Dampfschlepper nicht mit durchzuschleusen, sondern wenn möglich auf jeder Haltung eigenen Vorspanndienst einzurichten. In Bezug auf die Wahl der Dampfschlepper ist zu betonen, dafs Seil- oder Kettentauerei für ruhiges Wasser nicht geeignet sind. Man wird vielmehr, da genügende Wassertiefe vorhanden ist, Schraubendampfer von 50 bis 100 Pferdestärken bevorzugen müssen, welche eine für 2 bis 4 der gröfsten Fahrzeuge genügende Schleppkraft besitzen.

5. Der geringe Wasserverbrauch der Hebewerke wird in anderen Fällen die gröfste Bedeutung erlangen. Sobald zu Thal mehr beladene Fahrzeuge als zu Berg gehen, findet sogar eine Speisung der Scheitelstrecke durch das Hebewerk statt.

Diese vorzüglichen Eigenschaften der lothrechten Hebewerke machen eine gröfsere Verbreitung derselben wünschenswerth. Dafs auch in Deutschland die Bodengestaltung häufig eine Vereinigung der Gefälle begünstigt, wurde oben an den Beispielen des Elbe-Trave-, Oder-Spree- und Elster-Saale-Kanals gezeigt. Als erster Erfolg der besprochenen Entwürfe ist die Zugrundelegung eines lothrechten Hebewerkes in der Eingabe des Leipziger Kanalvereins an die Sächsische Staatsregierung vom 26. Januar d. J., betreffend die Erbauung des Elster-Saale-Kanals zu bezeichnen. Andere Anwendungen werden sich durch ein darauf bezügliches Studium der Kanallinie ergeben, besonders wenn bei der Wahl der Linie auf eine Vereinigung der Gefälle gerücksichtigt wird an Stelle des jetzt vorhandenen Bestrebens, die Schleusen so weit auseinander zu legen, dafs keine zu grofsen Schwankungen der Kanalhaltungen zwischen ihnen vorkommen. Ein Ersatz sämmtlicher Kammerschleusen durch Hebewerke ist natürlich nicht beabsichtigt. Vielmehr wird sich die Anwendung derselben auf Hügelland beschränken. Ein Kanal der Zukunft ist daher so gedacht, dafs seine langgestreckte Scheitelhaltung durch Hebewerke abgeschlossen ist. In den sanft ansteigenden Uebergängen nach der Ebene werden dann Schleusen am Platze sein, da die Kosten der Hebewerke bei kleinem Hube zu grofs werden. Es ist ein glückliches Zusammentreffen, dafs weiter entfernt von der Scheitelstrecke auch der grofse Wasserverbrauch der Schleusen weniger schädlich ist.

Auch in dem Falle, wenn die Scheitelstrecke reichlichen Wasserzuflufs besitzt oder ein solcher durch Erschliefsung benachbarter Niederschlagsgebiete leicht zu beschaffen ist, mufs die Anlage mechanischer Hebewerke befürwortet werden. Es wird dann möglich sein, die Kanalkosten erheblich zu verringern, wenn man die Haltungen als grofse Sammelbehälter benutzt und an den Hebewerken Turbinen zur Nutzbarmachung der Wasserkräfte aufstellt, deren Kraftabgabe an Gewerbetreibende die Kanaleinnahmen steigern und industrielle Unternehmungen an dem Kanal hervorrufen würde.

Druck von J. Kerskes in Berlin C., Niederwallstr. 22.